PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/28797
G05B 19/404	A1	(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 10. Juni 1999 (10.06.99)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/06734

(22) Internationales Anmeldedatum: 23. Oktober 1998 (23.10.98)

(30) Prioritätsdaten:
197 52 290.4 26. November 1997 (26.11.97) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: HÜLER HILLE GMBH [DE/DE]; Schwieberdinger Strasse 80, D–71636 Ludwigsburg (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: HORN, Wolfgang [DE/DE]; Pommernweg 24, D–74385 Pleidelsheim (DE). REIBETANZ, Thomas [DE/DE]; Erlenweg 13/1, D–71711 Murr (DE). SCHMID, Martin [DE/DE]; Länge Strasse 39, D–71640 Ludwigsburg (DE). STENGELE, Gerald [DE/DE]; Friedhofstrasse 2, D–76327 Pfinztal (DE).

(74) Anwalt: DAHLKAMP, Heinrich–L.; Am Thyssenhaus 1, D–45128 Essen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: CA, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

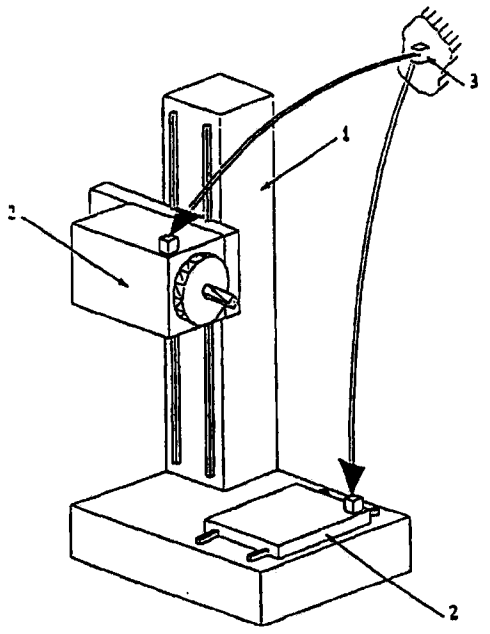
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING THE POSITION AND/OR ORIENTATION OF INTERACTING MACHINE UNITS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR MESSUNG VON LAGE UND/ODER ORIENTIERUNG ZUSAMMENWIRKENDER MASCHINENEINHEITEN

(57) Abstract

The invention relates to a method for measuring the position and/or orientation of interacting machine units in measuring machines, handling devices or especially tools, spindles and workpieces in machine tools. At least one machine unit can move in relation to another and at least the positions of the machine units can be corrected. The invention is characterised in that each machine unit comprises sensors which measure at least two variables (distance, angle, orientation) or a variation thereof, and the planar or spatial position and/or orientation of said machine units in relation to each other or in relation to a common reference system or different reference systems is measured simultaneously or substantially simultaneously, continuously or at regular intervals that are as short as possible, independently of the drive axes of said machine units and without placing the sensors or machine units in a special measuring position.



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung von Lage und/oder Orientierung zusammenwirkender Maschineneinheiten an Meßmaschinen, Handlingseinrichtungen oder insbesondere Werkzeugen, Spindeln und Werkstücken an Werkzeugmaschinen, wobei mindestens eine Maschineneinheit relativ zu einer anderen bewegbar ist und gegebenenfalls Positionen der Maschineneinheiten korrigiert werden. Die Erfindung besteht darin, daß bei jeder Maschineneinheit mittels Sensoren, die mindestens zwei der Größen: Abstand, Raumwinkel, Orientierung oder eine ihrer Änderungsgrößen messen, gleichzeitig oder im wesentlichen gleichzeitig, kontinuierlich oder in möglichst kurzen regelmäßigen Abständen, unabhängig von den Antriebsachsen der Maschineneinheiten und ohne die Sensoren oder die Maschineneinheiten in eine spezielle Meßposition zu verfahren, die ebene oder räumliche Lage und/oder Orientierung der Maschineneinheiten zueinander oder der Maschineneinheiten zu einem gemeinsamen Bezugssystem oder der Maschineneinheiten zu verschiedenen Bezugssystemen gemessen wird.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	**ES**	Spanien	**LS**	Lesotho	**SI**	Slowenien
AM	Armenien	**FI**	Finnland	**LT**	Litauen	**SK**	Slowakei
AT	Österreich	**FR**	Frankreich	**LU**	Luxemburg	**SN**	Senegal
AU	Australien	**GA**	Gabun	**LV**	Lettland	**SZ**	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	**GB**	Vereinigtes Königreich	**MC**	Monaco	**TD**	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	**GE**	Georgien	**MD**	Republik Moldau	**TG**	Togo
BB	Barbados	**GH**	Ghana	**MG**	Madagaskar	**TJ**	Tadschikistan
BE	Belgien	**GN**	Guinea	**MK**	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	**TM**	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	**GR**	Griechenland			**TR**	Türkei
BG	Bulgarien	**HU**	Ungarn	**ML**	Mali	**TT**	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	**IE**	Irland	**MN**	Mongolei	**UA**	Ukraine
BR	Brasilien	**IL**	Israel	**MR**	Mauretanien	**UG**	Uganda
BY	Belarus	**IS**	Island	**MW**	Malawi	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	**IT**	Italien	**MX**	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	**JP**	Japan	**NE**	Niger	**UZ**	Usbekistan
CG	Kongo	**KE**	Kenia	**NL**	Niederlande	**VN**	Vietnam
CH	Schweiz	**KG**	Kirgisistan	**NO**	Norwegen	**YU**	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**NZ**	Neuseeland	**ZW**	Zimbabwe
CM	Kamerun			**PL**	Polen		
CN	China	**KR**	Republik Korea	**PT**	Portugal		
CU	Kuba	**KZ**	Kasachstan	**RO**	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	**LC**	St. Lucia	**RU**	Russische Föderation		
DE	Deutschland	**LI**	Liechtenstein	**SD**	Sudan		
DK	Dänemark	**LK**	Sri Lanka	**SE**	Schweden		
EE	Estland	**LR**	Liberia	**SG**	Singapur		

Verfahren und Vorrichtung zur Messung von Lage und/oder Orientierung zusammenwirkender Maschineneinheiten

Beschreibung:

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung von Lage und/oder Orientierung zusammenwirkender Maschineneinheiten gemäß Oberbegriff der Ansprüche 1 und 9.

Unter Maschineneinheiten werden nachfolgend nicht nur bei Werkzeugmaschinen die Werkzeuge und Werkstücke mit ihren entsprechenden Halterungen, insbesondere Arbeitsspindeln und Werkzeugtischen verstanden. Es kann sich auch allgemein um Operationseinheiten, z.B. auch um Handlings- und Meßeinheiten handeln, deren Lage und/oder Orientierung im Vergleich zu einer zweiten Einheit, z.B. zu einer zu bearbeitenden Baugruppe, exakt gemessen werden muss.

Bei der Bestimmung von Lage und / oder Orientierung eines Körpers („Meßobjekt") in der Ebene oder im Raum lassen sich die folgenden an sich bekannten Messaufgaben unterscheiden:

Messungen in der Ebene:

- Position in der Ebene (z.B. X / Y im kartesischen Koordinatensystem)
- Orientierung in der Ebene um eine Drehachse
- Position und Orientierung in der Ebene.

Messungen im Raum:

- Position im Raum (z.B. X / Y / Z im kartesischen Koordinatensystem)
- Orientierung im Raum um 1 bis 3 Drehachsen

- Position und Orientierung im Raum um 1 bis 3 Drehachsen.

Bei einer Werkzeugmaschine gehört es z.B. zum Stand der Technik, dass die Bewegungen des Werkzeughalters mit dem Werkzeug in X-, Y- und Z-Richtung durch serielle Wegmeßsysteme z.B. mit Hilfe von Maßstäben erfaßt werden. In ähnlicher Weise kann auch die Bewegung des Werkstückhalters mit dem darauf oder daran befestigten Werkstück erfaßt und kontrolliert werden. Bekannt ist es auch, Drehungen von Maschineneinheiten über Winkelmeßeinrichtungen zu erfassen und zu regeln. Bei diesen bekannten
Systemen besteht das Problem, daß thermische, statische oder dynamische Einflüsse auf die Maschinenstruktur nicht oder nur teilweise erfaßt werden und es insofern zu Fehlern bei der Messung und Bearbeitung der Werkstücke kommen kann.

Aus der DE 34 45 254 A1 ist eine Verstelleinrichtung für nebeneinander angeordnete und in gegenseitigem Abstand einachsig verfahrbare Bearbeitungseinheiten bekannt, wobei zur Erfassung des Abstandes der einzelnen Bearbeitungseinheiten eine nach dem Triangulationsmeßprinzip arbeitende, stationär neben den Einheiten angeordnete Distanzmeßeinrichtung dient. Hierbei sind in deren praktisch parallelen Lichtstrahl selektiv Reflektoren der einzelnen Bearbeitungseinheiten einführbar und der Auftreffpunkt des auf alle Reflektoren unter dem gleichen Einfallswinkel auftreffenden Lichtstrahls wird von einer Meßoptik abgebildet. Die Lage des abgebildeten Auftreffpunktes ist dabei ein Maß für die Distanz und soll für die Verstellung der Bearbeitungseinheit in die gewünschte Position verwendet werden. Dieses Meß- und Verstellsystem erfaßt aber nur Lageänderungen in einer Richtung.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren vorzuschlagen, bei dem auf einfache Weise eine Messung der

Lage und/oder Orientierung zusammenwirkender Maschineneinheiten erfolgt, sodass thermische, statische oder dynamische Einflüsse auf die Maschinenstruktur, insbesondere Verformungen ganz oder teilweise zum Zwecke einer Kompensation erfaßt werden und auf die konventionellen Meßmethoden weitgehend verzichtet werden kann.

Die Lösung dieser Aufgabe ist in den Ansprüchen 1 und 9 angegeben. Die Unteransprüche 2 bis 8 sowie 10 und 11 enthalten sinnvolle ergänzende Vorschläge.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können verschiedene Sensoren in unterschiedlichen Kombinationen angewandt werden. Wichtig ist hierbei aber, daß die Sensoren parallel wirken und unabhängig von den Antriebsachsen der Maschineneinheiten kontinuierlich oder in möglichst kurzen Abständen regelmäßig messen, ohne dabei die Sensoren und/oder die Maschineneinheiten in einer speziellen Meßposition verfahren zu müssen. Die Sensoren messen dabei mindestens zwei der Größen Abstand, Raumwinkel, Orientierung oder eine ihrer Änderungsgrößen. Zu den Änderungsgrößen kann dabei zum Beispiel die Beschleunigung zählen. Vorgesehen sind also im wesentlichen geometrische oder kinematische Sensoren, nicht gemeint sind zum Beispiel an verschiedenen Stellen eines Maschinenständers angebrachte Temperaturfühler, mit denen Temperaturänderungen und damit indirekt auch in begrenztem Maße temperatubedingte Längenänderungen gemessen werden können.

Vorzugsweise werden erfindungsgemäß soweit möglich berührungslos messende Sensoren verwendet. Die verschiedenen erfindungsgemäßen Meßvarianten sind in den Unteransprüchen näher beschrieben.

Die Sensoren in Verbindung mit der Art ihrer Anbringung bzw. Wirkung lassen sich in zwei Klassen unterteilen.

In der ersten Klasse werten sie direkte Koordinaten oder Änderungen dieser Koordinaten bezüglich der benutzten Bezugssysteme aus. Darunter fallen zunächst die klassischen Meßsysteme (Längen- und Winkelmeßsysteme) sowie berührungslose Meßsysteme, wie z.B. Laserinterferometer, wenn sichergestellt ist, daß der im betrachteten kartesischen Koordinatensystem zu messende Freiheitsgrad stets mit der Meßachse identisch ist. Auch sog. Trägheitsmeßsysteme gehören in diese Klasse. Ist nämlich das betrachtete kartesische Koordinatensystem ein Inertialsystem, registrieren diese die Änderungen in den Koordinatenachsen direkt. Ein translatorisches Trägheitsmeßsystem ist z.B. ein Beschleunigungsaufnehmer, rotatorische Trägheitsmeßsysteme sind z.B. Kreisel oder Ringlaser.

Bei Mitgliedern der zweiten Sensor-Wirkungs-Klasse werden die Eigenschaften von Punkt-zu-Punkt Beziehungen zwischen Punkten, deren Lage im benutzten Bezugssystem bekannt ist oder gemessen wird (= Punkte der Meßbasis) sowie Punkten, deren Lage in einem mit dem Meßobjekt bewegten Koordinatensystem bekannt ist oder gemessen wird (= Objektpunkte) ausgewertet. Solche Eigenschaften von Punkt-zu-Punkt Beziehungen sind z.B. Abstände zwischen den zwei Punkten sowie der oder die Raumwinkel der Verbindungslinie zwischen den zwei Punkten („Meßstrahlen") im benutzten Bezugssystem. Zur Bestimmung von Abständen kommen z.B. Laser-Interferometer in Betracht, zur Bestimmung von Raumwinkeln entsprechende Geräte.

Bei der Messung von Lage und/oder Orientierung eines Meßobjektes in der Ebene / im Raum werden bei Sensoren aus der zweiten Sensor-Wirkungs-Klasse üblicherweise mehrere Sensoren gleichzeitig

ausgewertet, um aus der Gesamtheit sämtlicher Messungen, teilweise unter Einbeziehung bereits bekannter Informationen betreffend die Anordnung der verschiedenen Sensoren und Punkte, die gewünschte Position und ggf. Orientierung zu bestimmen. Der Umstand, daß die Messungen der einzelnen Sensoren aus der zweiten der o.g. Sensorklassen nicht mit den zu messenden Achsbewegungen übereinstimmen, sondern aus der Gesamtheit der Messungen sämtliche interessierenden Daten berechnet werden, wird als „parallel wirkende Sensoren" bezeichnet. Im Bereich der Hexapod-Maschinen werden auf der Basis von sechs nicht mit den Koordinatenachsen eines Bezugssystems zusammenfallenden Abstandsmessungen, die Lage und Orientierung von Arbeitsplattformen bestimmt, wobei die von den Sensoren gemessenen Freiheitsgrade stets mit den Antriebsachsen der Maschinen zusammenfallen. Die Anwendung solcher Meßprinzipien unabhängig von den Maschinenachsen, z.B. mit berührungslosen Sensoren, stellt dagegen im Bereich des Maschinenbaus ein Novum dar.

Die Erfindung wird anhand der beigefügten Tabellen 1 bis 3 und der Figuren 1 bis 13 beispielsweise näher erläutert. Es zeigen:

Tabelle 1	Sensortypen
Tabelle 2	Symbole für weitere Sensortypen
Tabelle 3	Anwendungsformen paralleler Meßprinzipien
Figur 1	Positionsbestimmung aus 3 Abstandsmessungen
Figur 2	Positionsbestimmung aus 2 Abstands- und 1 Raumwinkel-Messung
Figur 3	Positionsbestimmung aus 1 Abstands- und 2 Raumwinkel-Messungen
Figur 4	Positionsbestimmung aus 3 Raumwinkel-Messungen

(„Triangulation")

Figur 5 die Bestimmung von Lage und Orientierung aus 9 Abstandsmessungen gem. Variante IIa).

Figur 6 die Bestimmung von Lage und Orientierung aus 6 Abstandsmessungen unter Verwendung dreier Objektpunkt-Abstände gem. Variante IIb).

Figur 7 zeigt die Bestimmung von Lage und Orientierung aus 9 Raumwinkelmessungen gem. Variante IIa).

Figur 8 die Bestimmung von Lage und Orientierung aus 6 Raumwinkelmessungen unter Verwendung dreier Objektpunkt-Abstände gem. Variante IIb).

Figur 9 Direkte Messung zwischen zwei Maschineneinheiten

Figur 10 Vermessung zweier Maschineneinheiten vom Maschinenständer aus über eine Basis

Figur 11 Vermessung zweier Maschineneinheiten vom Maschinenständer aus über zwei Basen

Figur 12 Vermessung zweier Maschineneinheiten von einer hallenfesten Basis aus

Figur 13 Direkte Vermessung eines Maschinenständers

Soll über die Positionsbestimmungen hinaus auch die Orientierung des Meßobjekts um eine bis drei Koordinatenachsen bestimmt werden, gibt es prinzipiell zwei Varianten.

I) Man verwendet Orientierungs-Sensoren gemäß der ersten der o.g. Sensorklassen, d.h., man mißt die Orientierungen direkt.

II) Man bestimmt die Positionen weiterer Punkte des Objekt-Koordinatensystems („Objektpunkte") gemäß den o.g. Möglichkeiten und damit die Orientierung des Objekt-Koordinatensystems selbst.

Zur Möglichkeit nach II) ist zu bemerken, daß sich aus zwei bekannten Objektpunkten bereits die Orientierung um zwei Koordinatensystem-Achsen bestimmen lassen. Zur Bestimmung von drei Orientierungen werden dann die Positionen dreier Objektpunkte benötigt.

Stehen zur Positionsbestimmung der zusätzlichen Objektpunkte Informationen über den Abstand / die Abstände / Winkel und Abstände der Objekt-Punkte untereinander zur Verfügung, reduziert sich die Anzahl der benötigen Sensoren um einen (bei Bestimmung eines zusätzlichen Objektpunktes bei einem berücksichtigten Abstand) bzw. um bis zu drei (bei Bestimmung zweier zusätzlicher Objektpunkte bei drei berücksichtigten Abständen oder Winkeln). Die Zahlen entsprechen andererseits genau der Anzahl notwendiger Sensoren die notwendig ist, um z.B. bei vorhandener thermischer Drift diese Objektpunkt-Abstände zu überwachen. Für die Variante II) ergeben sich damit die folgenden Untervarianten:

IIa) Positionsbestimmung weiterer Objektpunkte lediglich unter Verwendung der Punkt-zu-Punkt Beziehungen zwischen Basis- und Objektpunkten.

IIb) Positionsbestimmung weiterer Objektpunkte unter Einbeziehung der Punkt-zu-Punkt Beziehungen der Objektpunkte untereinander.

Bei der Variante IIb) sind i.A. größere Einschränkungen im Anwendungsraum notwendig als bei IIa), da in diesen Fällen die mehrfachen Lösungen der i.d.R. nichtlinearen Gleichungssysteme näher

beieinander liegen oder da wegen der Nähe von Singularitäten nur ungenaue Positionsbestimmungen möglich sind.

Zur vollständigen Bestimmung von Lage und Orientierung eines Meßobjektes gemäß der Varianten IIa) und IIb) sollen von den vielfältigen Möglichkeiten jeweils zwei typische Beispiele angegeben werden und zwar jeweils lediglich unter Verwendung von Abstands- bzw. Winkelsensoren.

Nach Figur 5 wird jeder Objektpunkt gem. der Positionsbestimmung nach Variante 1 behandelt.

In der linken Abbildung der Figur 6 wird ein Objektpunkt (hier: der im Ursprung des (.)'- bzw. Objekt-Koordinatensystems gelegene) gem. der Positionsbestimmung nach Variante 1 behandelt. Unter Verwendung der Objektpunkt-Abstände werden für die weiteren Punkte nur 2 bzw. 1 Abstandsmessung(en) benötigt. In der rechten Abbildung der Figur 6 werden pro Objektpunkt zwei Abstandsmessungen ausgewertet, ähnlich der Aktor-Anordnung bei vielen Hexapod-Maschinen.

Nach Figur 7 wird jeder Objektpunkt gem. der Positionsbestimmung nach Variante 4 behandelt.

Nach Figur 8 wird ein Objektpunkt (hier: der im Ursprung des (.)'- bzw. Objekt-Koordinatensystems gelegene) gem. der Positionsbestimmung nach Variante 4 behandelt. Unter Verwendung der Objektpunkt-Abstände werden für die weiteren Punkte nur 2 bzw. 1 Raumwinkelmessung(en) benötigt.

Bis zu dieser Stelle wurde die Bestimmung von relativer Lage und / oder Orientierung zweier Koordinatensysteme zueinander auf verschiedene Weisen betrachtet. Bei Meßaufgaben im Bereich der Werkzeug- und

Meßmaschinen sowie der Handlingseinrichtungen lassen sich diese Methoden unterschiedlich anwenden, wobei stets Lage und / oder Orientierung zwischen mindestens zwei zusammenwirkenden Maschineneinheiten, also z.B. zwischen einer Arbeitsspindel und einem Werkstücktisch zu bestimmen ist. Die unterschiedlichen Anwendungsformen unterscheiden sich darin, wie die verschiedenen Koordinatensysteme mit den Maschineneinheiten verknüpft sind. Eine Übersicht verschafft Tabelle 3.

Für die Anwendungsformen nach Tabelle 3, Zeilen 1 bis 4 werden in Figur 9 bis Figur 12 Beispiele aus dem Wekzeugmaschinenbau angegeben.

Einen Überblick über die möglichen Sensortypen einschließlich der jeweiligen geometrischen Zusammenhänge zur Positionsbestimmung gibt die Tabelle 1. Die zeichnerischen Symbole sind für die Beschreibungen verschiedener Meßverfahren vorgesehen.

Weitere zur Darstellung der verschiedenen Meßverfahren benutzte Symbole sind aus Tabelle 2 zu entnehmen.

Beispielsweise für den Fall einer einfachen Positionsbestimmung im Raum mittels Abstands- und/oder Winkelmessungen (Sensoren aus der zweiten der o.g. Klassen) gibt es prinzipiell vier verschiedene Möglichkeiten, die jeweils auf drei Einzelmessungen beruhen. Dabei wird stets die Lage eines Objektpunktes im Koordinatensystem der Meßbasis bestimmt. In den Figuren 1 bis 4 ist jeweils diejenige Möglichkeit dargestellt, die mit der geringsten Anzahl von Basispunkten auskommt.

Bei den Anwendungsformen gemäß Tabelle 3, Zeilen 2 bis 5 bzw. nach Figur 10 bis Figur 12 handelt es sich um sogenannte „verkettete Messungen". Sie können z.B. dadurch legitimiert sein, daß mehrere

Maschineneinheiten von einer Meßbasis aus kostengünstig vermessen werden können oder daß man erreicht, daß Messungen außerhalb des Maschinen-Arbeitsraumes und damit weniger fehleranfällig durchgeführt werden können. Solche verketteten Messungen werden stets über eine Differenzen-Bildung verknüpft, wobei jeweils gleiche oder gleichwertige Meßprinzipien auf beide einbezogenen Teilmessungen anzuwenden sind. Werden verschiedene Meßprinzipien für die zwei Teilmessungen angewandt, kann die Differenzen-Bildung nur in der Schnittmenge der ausgewerteten Freiheitsgrade (betrachtet im gleichen Koordinatensystem) erfolgen.

Beispiele:

- Mit der Verkettung von reiner Positions- sowie einer Positions- und Orientierungsmessung kann über die Differenzen-Bildung nur eine Positionsbestimmung durchgeführt werden.
- Eine Differenzen-Bildung aus zwei Orientierungs-Messungen um je zwei Drehachsen läßt sich nur dann durchführen, wenn die beiden Drehachsen jeweils den gleichen Unterraum (in demselben Koordinatensystem betrachtet) aufspannen, wenn sie also in derselben Ebene liegen. Beide Einzelmessungen beinhalten dann Informationen über die gleichen Dreh-Freiheitsgrade.

Verkettete Messungen bedeuten eine Abkehr vom bzw. eine Erweiterung des eigentlichen Prinzips paralleler Sensorik, da hier die parallel-sensorischen Einzelmessungen seriell angewandt werden. Die möglichen Vorteile sind deshalb stets gegen die damit verbundenen Einbußen an Meßgenauigkeit abzuwägen.

Im Bereich der Werkzeug- und Meßmaschinen sowie der Handlingseinrichtungen sind weitere Anwendungsformen parallel-sensorischer Lage- und Orientierungsmessung denkbar. So können

beispielsweise die Achsbewegungen der Maschineneinheiten einer Werkzeugmaschine wie bisher üblich konventionell, d.h. direkt und seriell gemessen werden. Über eines der erfindungsgemäßen Meßverfahren lassen sich dann z.B. direkt, wie in Figur 13 dargestellt oder auch über eine hallenfeste Meßbasis, die Verformungen des Maschinenständers zur Durchführung einer Kompensation ermitteln.

Die Bezeichnungen in den Figuren 9 bis 13 bedeuten folgendes: 1 - Maschinenständer, 2 - Maschineneinheit, 3 - hallenfeste Meßbasis, der Doppelpfeil bezeichnet eine allgemeine nicht näher bestimmte Messung (Meßbasis - Meßobjekt - Relation).

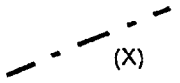
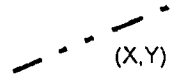
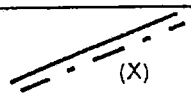
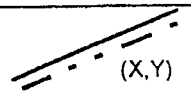
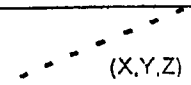
Typ d. Sensors	Sensor identifiziert Zugehörig-keit des Objektpunktes zu ...	Symbol
Abstand Basispunkt-Objektpunkt	Oberfläche einer Kugel um Basispunkt	
(Raum-)Winkel des Meßstrahls um 1 (angegebene) Drehachse	Halbebene durch Basispunkt	 (X)
(Raum-)Winkel des Meßstrahls um 2 (angegebene) Drehachsen	Halbgerade durch Basispunkt (Schnittmenge zweier Halbebenen)	 (X,Y)
Abstand Basispunkt-Objektpunkt und (Raum-)Winkel des Meßstrahls um 1 Drenachse	Halbkreis auf Halbebene um/durch Basispunkt (Schnittmenge von Kugel und Halbebene)	 (X)
Abstand Basispunkt-Objektpunkt und (Raum-)Winkel des Meßstrahls um 2 Drehachsen	Punkt - eindeutig (Schnittmenge von Halbgerade und Kugel um/durch Basispunkt)	 (X,Y)
Orientierung des Meßobjektes um 1 bis 3 (angegebene) Drehachsen		 (X,Y,Z)

Tabelle 1

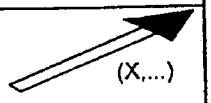
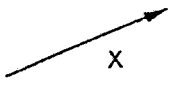
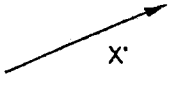
Sachverhalt	Symbol
Basispunkt	
Objektpunkt	
Messung allgemein unter Auswertung der angegebenen Freiheitsgrade	 (X,...)
Achse eines an der Meßbasis befestigten Koordinatensystems	 X
Achse eines mit dem Meßobjekt bewegten Koordinatensystems	 X'

Tabelle 2

Nr.	Beschreibung	Halle (z.B. Dach)	Maschinen-Ständer	Maschinen-Einheit 1	Maschinen-Einheit 2	Bemerkung
1	Direkte Messung zwischen zwei Maschineneinheiten	-	-	Basis 1	Objekt 1	Prinzipiell genaueste Variante, aber problematisch da meist im Arbeitsraum
2	Vermessung zweier Maschineneinheiten vom Maschinenständer aus über eine Basis	-	Basis 1	Objekt 1	Objekt 2	
3	Vermessung zweier Maschineneinheiten vom Maschinenständer aus über zwei Basen	-	Basis 1 + Basis 2	Objekt 1 von Basis 1	Objekt 1 von Basis 2	Kurze Meßstrecken, berücksichtigt aber (z.B. thermische) Verformung des Maschinenständers ohne zusätzliche Messung nicht
4	Vermessung zweier Maschineneinheiten von einer hallenfesten Basis aus	Basis 1		Objekt 1	Objekt 2	Meist lange Meßstrecken, d.h. fehleranfällig. Für Raumwinkel-Sensoren eher ungeeignet.
5	Vermessung zweier Maschineneinheiten von zwei hallenfesten Basen aus	Basis 1 + Basis 2		Objekt 1 von Basis 1	Objekt 1 von Basis 2	Lange Meßstrecken. Berücksichtigt Verschiebungen der Meßbasen gegeneinander ohne zusätzliche Messung nicht

Tabelle 3

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Messung von Lage und/oder Orientierung zusammenwirkender Maschineneinheiten an Meßmaschinen, Handlingseinrichtungen oder insbesondere Werkzeugen, Spindeln und Werkstücken an Werkzeugmaschinen, wobei mindestens eine Maschineneinheit relativ zu einer anderen bewegbar ist und gegebenenfalls Positionen der Maschineneinheiten korrigiert werden, **dadurch gekennzeichnet,** daß bei jeder Maschineneinheit mittels Sensoren, die mindestens zwei der Größen Abstand, Raumwinkel, Orientierung oder eine ihrer Änderungsgrößen messen, gleichzeitig oder im wesentlichen gleichzeitig, kontinuierlich oder in möglichst kurzen regelmäßigen Abständen, unabhängig von den Antriebsachsen der Maschineneinheiten und ohne die Sensoren oder die Maschineneinheiten in eine spezielle Meßposition zu verfahren, die ebene oder räumliche Lage und/oder Orientierung der Maschineneinheiten zueinander oder der Maschineneinheiten zu einem gemeinsamen Bezugssystem oder der Maschineneinheiten zu verschiedenen Bezugssystemen gemessen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß nach Messung der ebenen oder räumlichen Lage und/oder Orientierung der Maschineneinheiten zu einem gemeinsamen Bezugssystem anschließend die Lage und/oder Orientierung der Maschineneinheiten zueinander bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß nach Messung der ebenen oder räumlichen Lage und/oder Orientierung der Maschineneinheiten zu verschiedenen Bezugssystemen und nach Messung oder Bestimmung der Lage und/oder Orientierung der Bezugsysteme zueinander die Lage

und/oder Orientierung der Maschineneinheiten zueinander bestimmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sensoren berührungslos messen.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet,** daß mindestens einer der Sensoren den Abstand zwischen einem Punkt einer Meßbasis und einem Punkt der Maschineneinheit mißt.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** daß mindestens einer der Sensoren den Raumwinkel des Meßstrahles zwischen einem Punkt der Meßbasis und einem Punkt der Maschineneinheit um mindestens eine Achse des Bezugssystems mißt.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** daß mindestens einer der Sensoren die Verdrehung der Maschineneinheit (Orientierung) um mindestens eine der Achsen des Bezugssystems mißt.

8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** daß bei Verwendung mehrerer Meßpunkte an der Maschineneinheit oder an der Meßbasis die Abstände der Punkte untereinander bekannt sind oder gemessen werden.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Abstandssensor ein Laser-Interferometer ist.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Orientierungs-Sensor ein Ringlaser oder ein Kreisel ist.

11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Sensoren an den Maschineneinheiten selbst an mindestens einem Punkt des Maschinengestells befestigten Koordinatensystems oder an Gegenständen in der Umgebung als Hallenfeste Meßbasis angeordnet sind.

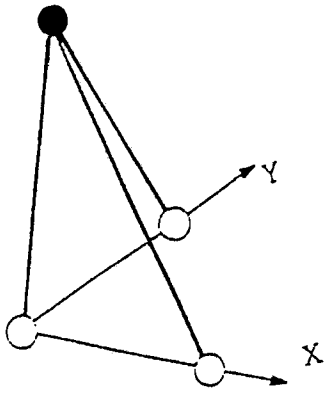


Fig. 1

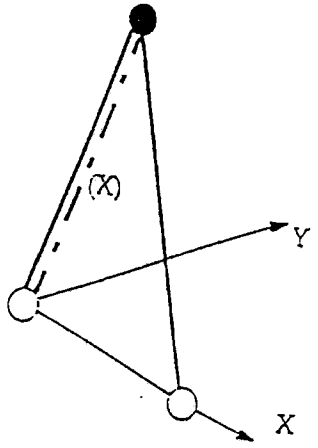


Fig. 2

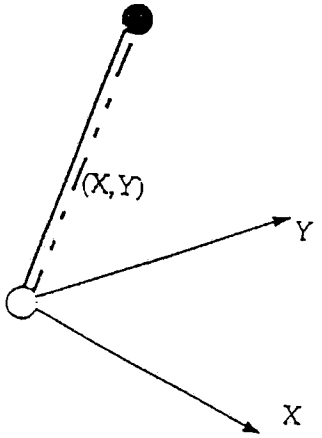


Fig. 3

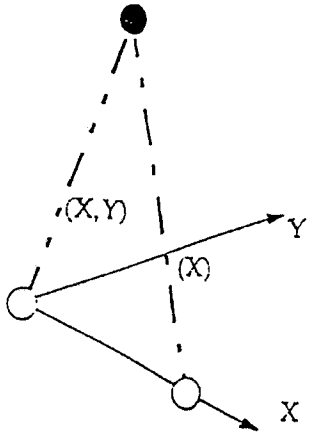


Fig. 4

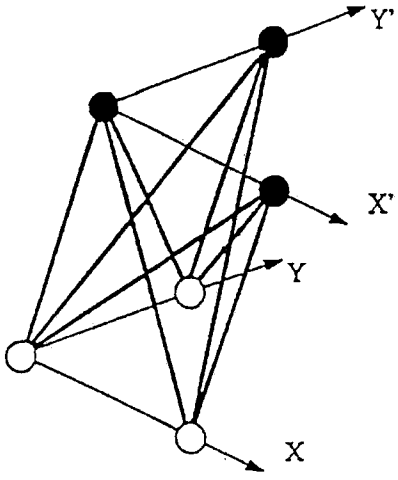


Fig. 5

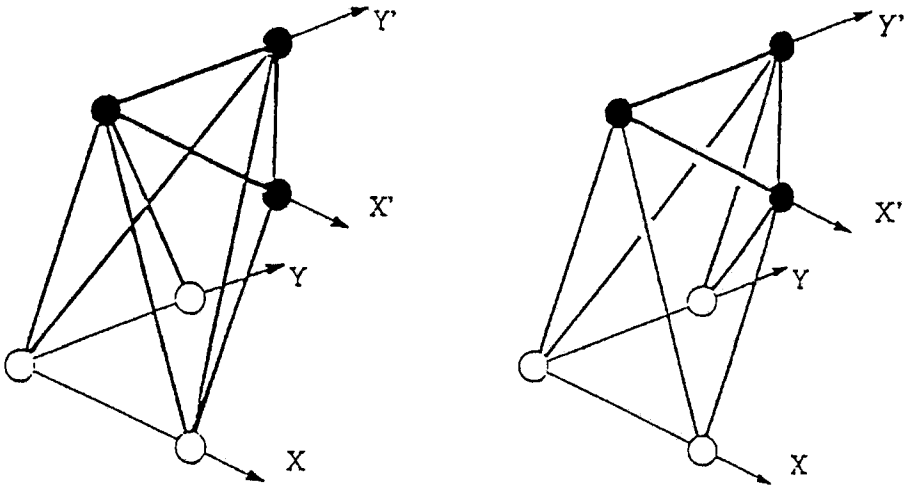


Fig. 6

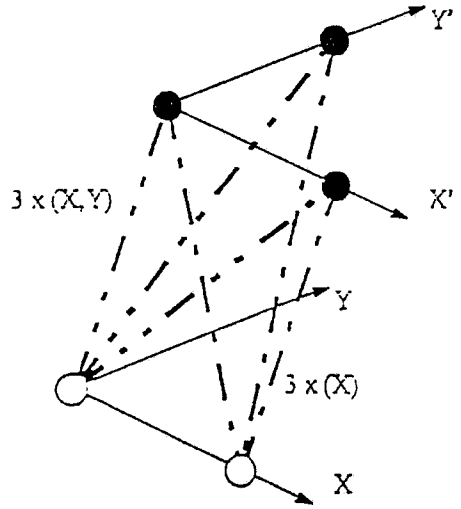


Fig. 7

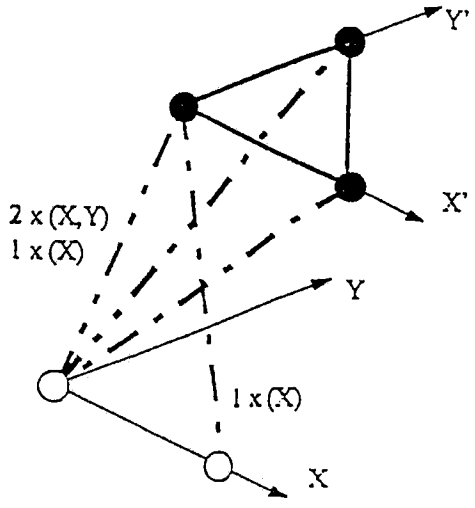


Fig. 8

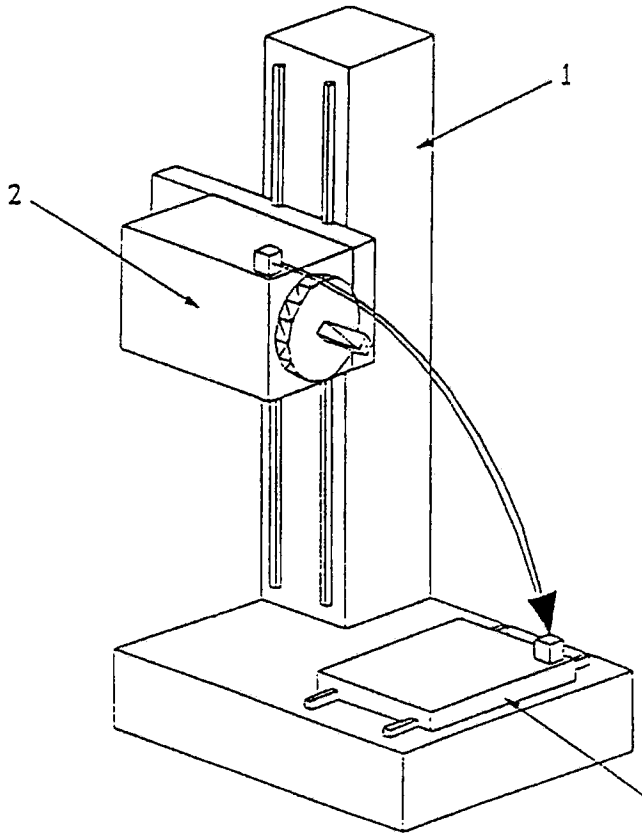


Fig. 9

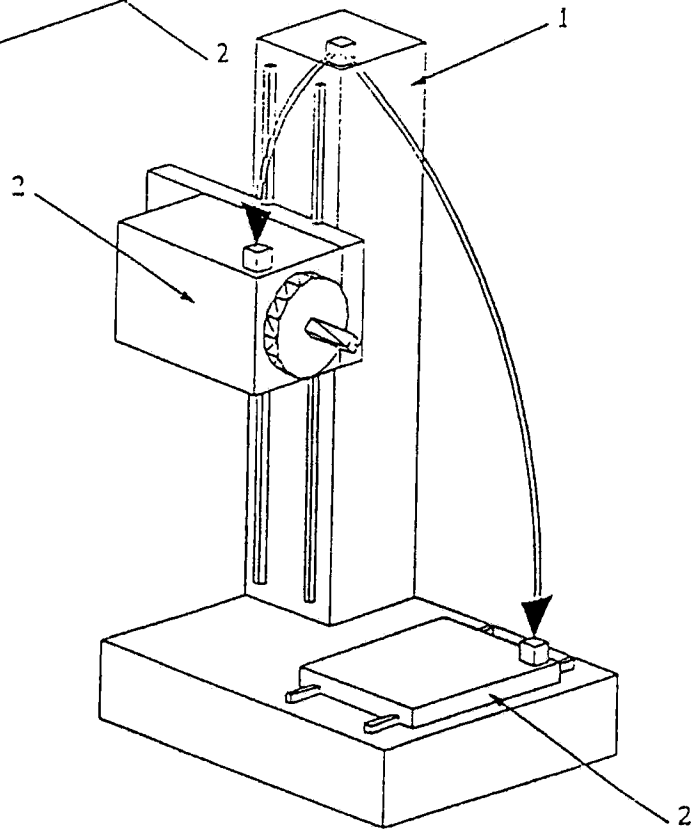


Fig. 10

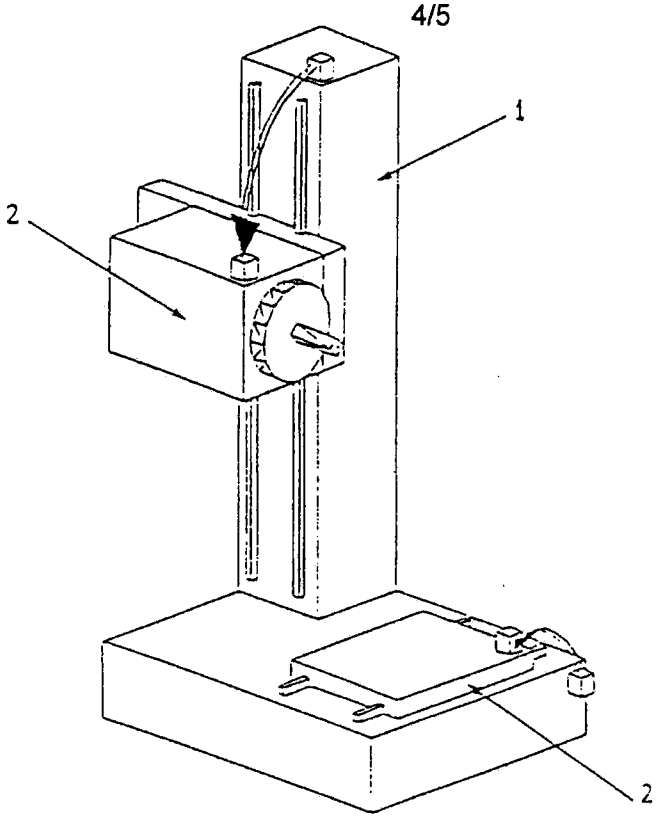


Fig. 11

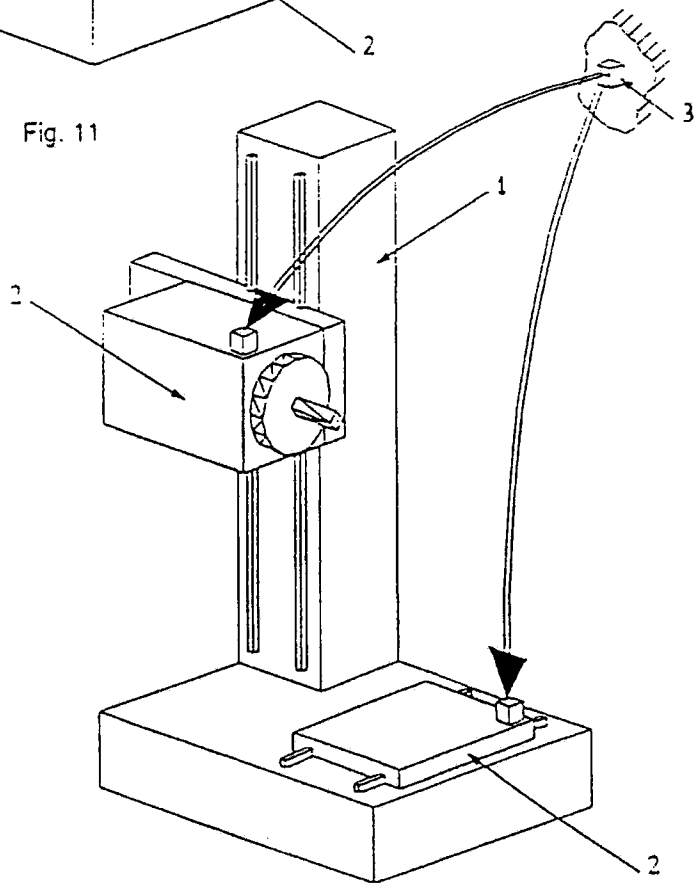


Fig. 12

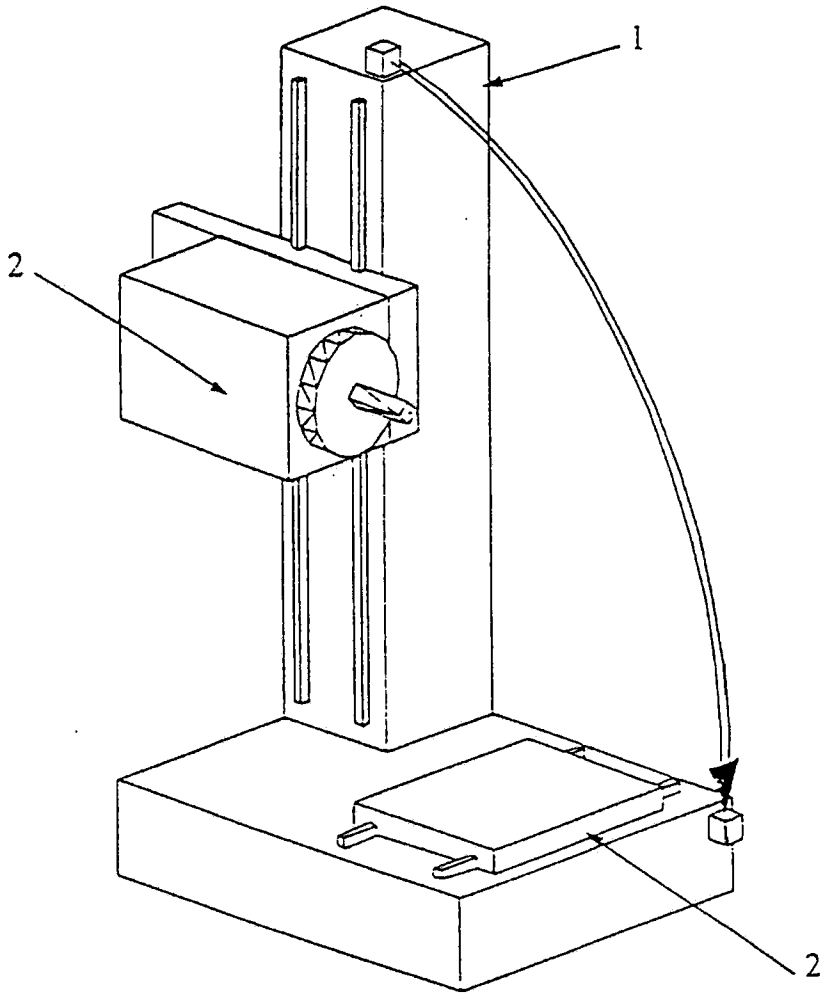


Fig. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int tional Application No
PCT/EP 98/06734

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G05B19/404

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G05B B23Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 621 926 A (MERRY ET AL) 11 November 1986 see column 7, line 47 - line 68; figure 7	1,2,4-9, 11
X	EP 0 737 844 A (CANON K.K.) 16 October 1996 see abstract	1,2,4,8, 9,11
X	GB 2 310 150 A (WESTERN ATLAS UK LTD.) 20 August 1997 see page 6, line 7 - line 17; figure 1 see page 13, line 2 - line 11	1,2,4,8
X	GB 2 255 636 A (CRANFIELD PRECISION ENGINEERING LIMITED) 11 November 1992 see abstract	1,3-5,8, 9,11

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 March 1999	17/03/1999

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Carmichael, Guy

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte .onal Application No
PCT/EP 98/06734

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 126 388 A (HITACHI LTD.) 28 November 1984 see page 5, line 3 - line 5; figure 1	1,3-5,8, 9,11
X	EP 0 618 520 A (MIKRON S.P.A. BOLOGNA) 5 October 1994 see column 5, line 32 - line 46; figure 1	1,3-5,8, 11
X	US 4 676 649 A (PHILLIPS) 30 June 1987 see column 3, line 36 - column 4, line 2	1,3,4,8, 9
A	EP 0 599 020 A (MITSUBISHI DENKI K.K.) 1 June 1994 see abstract	1
A	DE 40 28 006 A (MESSERSCHMITT-BOLKÖW-BLOHM GMBH) 5 March 1992	
P,X	WO 97 46925 A (THE BOEING COMPANY) 11 December 1997 see page 7, line 13 - line 21 see page 8, line 3 - line 15	1,2,4-9, 11
P,X	DE 197 11 500 A (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 24 September 1998 see the whole document	1,2,4-8

1

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int ional Application No
PCT/EP 98/06734

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4621926 A	11-11-1986	NONE	
EP 737844 A	16-10-1996	JP 8286758 A	01-11-1996
GB 2310150 A	20-08-1997	EP 0886811 A	30-12-1998
		WO 9730381 A	21-08-1997
GB 2255636 A	11-11-1992	GB 2256606 A	16-12-1992
EP 126388 A	28-11-1984	JP 59208613 A	27-11-1984
		JP 1768792 C	30-06-1993
		JP 4045292 B	24-07-1992
		JP 60114445 A	20-06-1985
EP 618520 A	05-10-1994	IT 1264104 B	10-09-1996
US 4676649 A	30-06-1987	EP 0230540 A	05-08-1987
		JP 62152633 A	07-07-1987
EP 599020 A	01-06-1994	JP 2822809 B	11-11-1998
		JP 6113579 A	22-04-1994
		DE 69319405 D	06-08-1998
		US 5432422 A	11-07-1995
DE 4028006 A	05-03-1992	NONE	
WO 9746925 A	11-12-1997	AU 3294197 A	05-01-1998
		CA 2252754 A	11-12-1997
DE 19711500 A	24-09-1998	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In ...tionales Aktenzeichen
PCT/EP 98/06734

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G05B19/404

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 G05B B23Q

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 621 926 A (MERRY ET AL) 11. November 1986 siehe Spalte 7, Zeile 47 - Zeile 68; Abbildung 7 ---	1,2,4-9, 11
X	EP 0 737 844 A (CANON K.K.) 16. Oktober 1996 siehe Zusammenfassung ---	1,2,4,8, 9,11
X	GB 2 310 150 A (WESTERN ATLAS UK LTD.) 20. August 1997 siehe Seite 6, Zeile 7 - Zeile 17; Abbildung 1 siehe Seite 13, Zeile 2 - Zeile 11 ---	1,2,4,8
X	GB 2 255 636 A (CRANFIELD PRECISION ENGINEERING LIMITED) 11. November 1992 siehe Zusammenfassung ---	1,3-5,8, 9,11
	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
11. März 1999	17/03/1999

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Carmichael, Guy

1

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 98/06734

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 126 388 A (HITACHI LTD.) 28. November 1984 siehe Seite 5, Zeile 3 - Zeile 5; Abbildung 1	1,3-5,8, 9,11
X	EP 0 618 520 A (MIKRON S.P.A. BOLOGNA) 5. Oktober 1994 siehe Spalte 5, Zeile 32 - Zeile 46; Abbildung 1	1,3-5,8, 11
X	US 4 676 649 A (PHILLIPS) 30. Juni 1987 siehe Spalte 3, Zeile 36 - Spalte 4, Zeile 2	1,3,4,8, 9
A	EP 0 599 020 A (MITSUBISHI DENKI K.K.) 1. Juni 1994 siehe Zusammenfassung	1
A	DE 40 28 006 A (MESSERSCHMITT-BOLKÖW-BLOHM GMBH) 5. März 1992	
P,X	WO 97 46925 A (THE BOEING COMPANY) 11. Dezember 1997 siehe Seite 7, Zeile 13 - Zeile 21 siehe Seite 8, Zeile 3 - Zeile 15	1,2,4-9, 11
P,X	DE 197 11 500 A (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 24. September 1998 siehe das ganze Dokument	1,2,4-8

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Ir .tionales Aktenzeichen
PCT/EP 98/06734

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4621926	A	11-11-1986	KEINE		
EP 737844	A	16-10-1996	JP	8286758 A	01-11-1996
GB 2310150	A	20-08-1997	EP	0886811 A	30-12-1998
			WO	9730381 A	21-08-1997
GB 2255636	A	11-11-1992	GB	2256606 A	16-12-1992
EP 126388	A	28-11-1984	JP	59208613 A	27-11-1984
			JP	1768792 C	30-06-1993
			JP	4045292 B	24-07-1992
			JP	60114445 A	20-06-1985
EP 618520	A	05-10-1994	IT	1264104 B	10-09-1996
US 4676649	A	30-06-1987	EP	0230540 A	05-08-1987
			JP	62152633 A	07-07-1987
EP 599020	A	01-06-1994	JP	2822809 B	11-11-1998
			JP	6113579 A	22-04-1994
			DE	69319405 D	06-08-1998
			US	5432422 A	11-07-1995
DE 4028006	A	05-03-1992	KEINE		
WO 9746925	A	11-12-1997	AU	3294197 A	05-01-1998
			CA	2252754 A	11-12-1997
DE 19711500	A	24-09-1998	KEINE		

METHOD AND DEVICE FOR MEASURING THE POSITION AND/OR ORIENTATION OF INTERACTING MACHINE UNITS

Publication number: WO9928797 (A1)
Publication date: 1999-06-10
Inventor(s): HORN WOLFGANG [DE]; REIBETANZ THOMAS [DE]; SCHMID MARTIN [DE]; STENGELE GERALD [DE]
Applicant(s): HUELER HILLE GMBH [DE]; HORN WOLFGANG [DE]; REIBETANZ THOMAS [DE]; SCHMID MARTIN [DE]; STENGELE GERALD [DE]
Classification:
- international: ***G01B11/03***; ***G01B11/14***; ***G05B19/404***; **G01B11/03**; **G01B11/14**; **G05B19/404**; (IPC1-7): G05B19/404
- European: G01B11/14; G05B19/404
Application number: WO1998EP06734 19981023
Priority number(s): DE19971052290 19971126

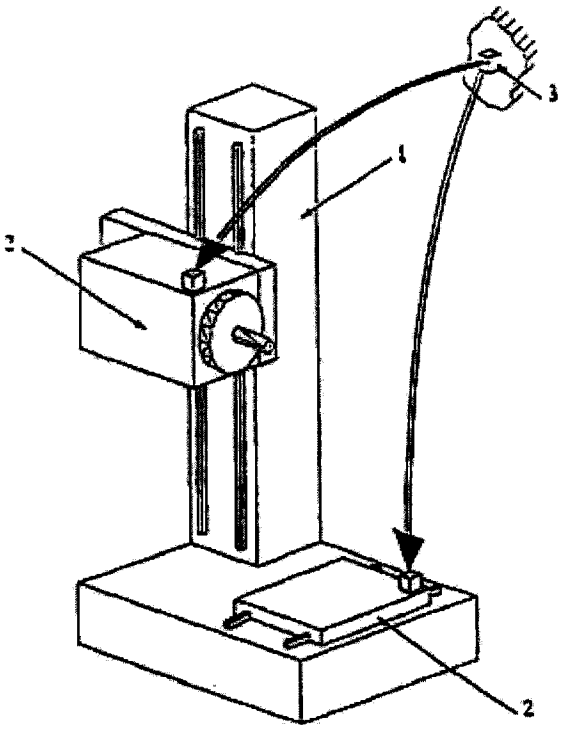
Also published as:
DE19752290 (A1)
EP1034462 (A1)
EP1034462 (B1)
CA2311525 (A1)
AT228673 (T)

Cited documents:
US4621926 (A)
EP0737844 (A2)
GB2310150 (A)
GB2255636 (A)
EP0126388 (A1)

more >>

Abstract of **WO 9928797 (A1)**

The invention relates to a method for measuring the position and/or orientation of interacting machine units in measuring machines, handling devices or especially tools, spindles and workpieces in machine tools. At least one machine unit can move in relation to another and at least the positions of the machine units can be corrected.; The invention is characterised in that each machine unit comprises sensors which measure at least two variables (distance, angle, orientation) or a variation thereof, and the planar or spatial position and/or orientation of said machine units in relation to each other or in relation to a common reference system or different reference systems is measured simultaneously or substantially simultaneously, continuously or at regular intervals that are as short as possible, independently of the drive axes of said machine units and without placing the sensors or machine units in a special measuring position.



Data supplied from the ***esp@cenet*** database — Worldwide

Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficiently clear in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are also applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

Method and apparatus to the measurement of layer and/or
Orientation cooperative machine units description: The invention refers to a method and an apparatus to the measurement of layer and/or orientation cooperative machine units in accordance with preamble of the claims 1 and 9.

Bottom machine units do not become subsequent only with machine tools the tools and workpieces with their corresponding mounting plates, in particular work spindles and tool tools understood. It can do itself also general around operation units, z. B. also around Handlings-und measuring units act, their layer and/or orientation compared with a second unit, z. B. to one assembly which can be worked on, exact measured will must.

With the determination of layer and/or orientation of a body ("Mef3objekt") with respect to the plane or in the space the subsequent actual known measuring tasks can be differentiated: Measurements in the plane: - Position in the plane (z. B. X/Y in the cartesian coordinate system) - orientation in the plane around an axis of rotation - position and orientation in the plane.

Measurements in the space: - Position in the space (z. B. X/Y/Z in the cartesian coordinate system) - orientation in the space around 1 to 3 axes of rotation - Position and orientation in the space around 1 to 3 axes of rotation.

With a machine tool it belongs to z. B. to the state of the art that the movements of the tool holder with the tool in x, Y-and Z direction by serial Wegmeilsysteme z. B. by yardsticks detected become. In similar manner also the movement of the workpiece holder with on it or to it fixed workpiece the detected and controlled can become. Known one is it also to seize and regulate rotations of machine units over angle measuring instruments. With these prior art systems the problem exists that thermal, static or dynamic influences do not become only partial detected on the machine structure or and it can come to that extent to errors with the measurement and processing of the workpieces.

▲ top

From the DE 34 45 254 A1 an adjusting device is for next to each other arranged and known, whereby for the detection of the distance of the single machining units, in mutual distance uniaxial movable machining units, steady distance measuring instrument arranged working after the triangulation measurement principle beside the units serves. Here are in their practical parallel light beam selective reflectors of the single machining units of importable and the point of impact the same angle of incidence hitting Lichtstrahls bottom on all reflectors become from a Mefloptik imaged. The layer of the imaged point of impact is thereby a measure for the distance and is fOr the displacement of the machining unit into the desired position used to become. This Mess-und adjustment system detected however only changes of situation in a direction.

The invention is the basis the object to suggest a gaftungsgemtires method with that in a simple manner a measurement that Layer and/or orientation cooperative machine units made, so that thermal, static or dynamic influences are erfa#t completely or partly on the machine structure, in particular deformations to purposes of a compensation and without the conventional Mefimethoden be done to a large extent can.

The solution of this object is in the claims 1 and 9 indicated.

The Unteransprüche 2 to 8 as well as 10 and 11 contain meaningful complementary suggestions.

With the invention process different sensors in different combinations can become applied. Important one is here however that the sensors parallel work and independent of the drive shafts of the machine units continuous measure or in as short a distances as possible regelmä#ig, muddled without thereby the sensors and/or the machine units in a particular measurement position to leisure. The sensors measure thereby at least two the large distance, solid angle, orientation or one their Änderungsgrö#en. Among the Änderungsgrö#en thereby the acceleration can rank to the example. Provided ones are thus essentially geometric or kinematic sensors, not meant are for the example at different locations of a machine stand mounted temperature sensors, with which temperature changes and thus indirect also length variations measured anneal-atue-conditional in limited Ma#e to become to be able.

Preferably as far as possible according to invention contactless measuring sensors become used. The different erfindungsgemä#en measuring variants are in the Unteransprüchen more near described.

The sensors in connection with the type of their mounting and/or. Effect can be divided into two classes.

In the first class they or changes of these coordinates evaluate direct coordinates concerning the used reference systems.

Among them first the classic Mef3systeme (Langen-und of Winkelmesssysteme) falls as well as contactless measurement systems, like z. B.

Laser interferometer, if ensured is that the degree of freedom which can be measured in the viewed cartesian coordinate system always is with the Meflachse identical. Also so-called. Tragheitsme (3systeme belong into this class. If the viewed cartesian coordinate system an inertial system is, these register the changes in the coordinate axes direct. A translational inertia measuring system is z. B. an acceleration adaptor, rotatorische inertia measuring systems are z. B. Gyro or ring laser.

With members of the second sensor effect class will the characteristics of point point relationships between points, their layer in the used reference system known is or measured will (= points of the measuring basis) as well as points, their layer in a coordinate system known moved with the measuring object is or measured becomes (= object points) evaluated. Souche characteristics of point point relationships are z. B. Distances between the two points as well as that or the solid angles of the joint line between the two points (#Me#strahlen ") in the used reference system. To the determination of distances z come. B. Laser interferometer in considerations, to the determination of solid angles of corresponding apparatuses.

With the measurement of layer and/or orientation of a measuring object in the Ebene/im space effect class usually several sensors of simultaneous evaluated, over from the entirety all measurements, partly including already known informations the respective arrangement the different of the sensors and points, the desired position become and if necessary with sensors from the second

sensor. To determine orientation. The circumstance that the measurements of the single sensors from second of the o. g.

Sensor classes not with that to measuring oh movements agree, but from the entirety of the measurements all interesting data calculated will, becomes as " parallel acting sensors " referred. In the range of the Hexapod machines the layer and orientation of work platforms become certain on the basis of six distance measurements, not coinciding with the coordinate axes of a reference system, whereby the degrees of freedom measured by the sensors always coincide with the drive shafts of the machines. The application of such Meflprinzipien independent of the machine axles, z. B. with contactless sensors, against it a new fact represents in the range of mechanical engineering.

The invention becomes on the basis the accompanying tables 1 to 3 and the figs 1 to 13 for example close explained. Show: Table 1 sensor types table of 2 symbols fOr other sensor types table 3 embodiments of parallel measurement principles fig 1 position determination from 3 distance measurements fig 2 position determination from 2 Abstands-und 1
Solid angle measurement fig 3 position determination from 1 Abstands-und 2
Solid angle measurements fig 4 position determination from 3 solid angle measurements ("Triangulation") fig 5 the determination of layer and orientation from 9
Distance measurements in accordance with. Variant Ila).

Fig 6 the determination of layer and orientation from 6
Distance measurements using three object point of distances in accordance with. Variant praise).

Fig 7 shows the determination of layer and orientation from 9
Solid angle measurements in accordance with. Variant IIa).

Fig 8 the determination of layer and orientation from 6
Solid angle measurements using three distances of point of object in accordance with. Variant praise).

Fig 9 direct measurement between two machine units Figue 10 measurement of two machine units of the machine stand from rather a basis fig 11 measurement of two machine units from the machine stand more tuber two bases fig 12 measurement of two machine units of a resound-fixed
Basis from fig 13 direct measurement of a machine stand target the position determinations outside also the orientation of the Meflobjekts around to three coordinate axes a certain, give it two in principle variants become more tuber.

I) One used orientation sensors gemaf first of the o. g.

Sensor classes, D. h., one measures the orientations direct.

II) One the certain positions of other points of the object coordinate system (#Objektpunkte ") gemä# the o. g. Possibilities and thus the orientation of the object coordinate system.

To the possibility after 11) it is to be noticed that from two known object points the orientation around two axes can coordinate system be already determined. The determination of three orientations then the positions of three object points become required.

Stand to the position determination of the zusätzlichen object points informations over the distance/the distances/angles and distances of the object points among themselves for order, reduced the number for that need themselves sensors around one (with determination of an additional point of object with a considered distance) and/or. around up to three (with determination of two additional object points with three considered distances or angles). The numbers correspond on the other hand to the accurate number of necessary sensors the necessary are, around z. B. to supervise during present thermal drift these distances of point of object. For the variant II) thereby the subsequent bottom variants result: Ila) position determination of other object points only using the point point relationships between Basis-und object points.

IIb) position determination of other object points including the point point relationships of the object points among themselves.

With the variant IIb) are i. A. larger limitations in the application area necessary than there with Ila), in these cases the multiple solutions i. D. R. nonlinear sets of equations details together lie or because of the N, he position determinations possible only inaccurate of singularities are there.

The complete determination of layer and orientation of a measuring object in accordance with the variants Ila) and IIb) in each case two typical examples are to become indicated only in each case using Abstands-bzw by the various possibilities.

Angle sensors.

After fig 5 each object point becomes in accordance with. the position determination after variant 1 treated.

In the left mapping of the fig 6 an object point becomes (here: in the origin (.)'- and/or Object coordinate system convenient) in accordance with. the position determination after variant 1 treated. Using the distances of point of object only 2 becomes and/or for the other points. 1 distance measurement (EN) required. In the right mapping of the fig 6 two distance measurements evaluated, the similar become actuator arrangement with many Hexapod machines per object point.

After fig 7 each object point becomes in accordance with. the position determination after variant 4 treated.

After fig 8 an object point becomes (here: in the origin (.)'- and/or

Object coordinate system convenient) in accordance with. the position determination after variant 4 treated. Using the distances of point of object fOr the other points become only 2 and/or. 1 solid angle measurement (EN) required.

Up to this location the determination of relative position and/or orientation of two coordinate systems became to each other viewed on many ways. With measuring tasks in the range Werkzeug-und measuring machines as well as the handling devices these methods different can be used, whereby always layer and/or orientation between at least two cooperative machine units, thus z. B. between a work spindle and a workpiece table to determine is. The different embodiments differ in how the different coordinate systems with the machine units are linked. A Tabelle3,Übersichtverschafft FOr the embodiments after table 3, lines 1 to 4 9 to fig 12 examples become from the Wekzeugmaschinenbau indicated in fig.

An overview over the possible sensor types including the respective geometric connections to the position determination the table gives to 1. The graphic symbols are provided for the descriptions of different Mefiverfahren.

Other symbols used to the representation of the different measuring methods are to be taken out of table 2.

For example for the case of a simple position determination in the space by means of Abstands-und/or angular measurements (sensors from second of the o. g.) There are classes four in principle different possibilities, which are based in each case on three individual measurings. The layer of one point of object in the coordinate system of the Mefibasis becomes always certain. In the figs 1 to 4 is in each case that possibility shown, which gets along with the smallest number of points of basis.

With the embodiments gemä# table 3, lines 2 to 5 and/or. after fig it concerns 10 to fig 12 so called " concatenated measurements ".

They know z. B. by the fact legitimized its that several
Machine units by a Meßbasis from inexpensive to be measured can or that one achieved, daß measurements outside of the machine work space and thus less error-prone performed to become to be able. Such concatenated measurements become always more tuber forming differences linked, whereby same in each case or equivalent measurement principles are to be applied to both included partial measurements.

If different measurement principles for the two partial measurements become applied, forming differences can take place only in the Schnittmenge of the evaluated degrees of freedom (viewed in the same coordinate system).

Examples: - With the concatenation of pure Positions-sowie Positions-und
Orientation measurement knows more tuber forming differences only one
Position determination performed become.

- Forming differences from two orientation measurements around two axes of rotation each can be accomplished only if the two Axes of rotation in each case the same bottom area (in the same
Coordinate system viewed) stretch, if it thus in the same
Planar ones lie. Both individual measurings contain then informations more tuber the same turning degrees of freedom.

Concatenated measurements mean a break of and/or. an extension of the actual principle parallel sensor technology, since the parallel-sensory individual measurings become serial applied here. The possible advantages are to be therefore always weighed against the losses at measuring accuracy, connected thereby.

In the range Werkzeug-und measuring machines as well as the handling devices other embodiments parallel-sensory Lage-und orientation measurement are more conceivable. So can for example the oh movements of the machine units of a machine tool as before conventional conventional, D. h. direct and serial measured becomes. more tuber one the erfindungsgemä#en Me#verfahren leave themselves then z. B. direct, as in fig 13 shown or also more tuber a resound-fixed Me#basis, the deformations of the machine stand to Kompensationermitteln.Durchführungeiner the designations in the figs 9 to 13 mean the subsequent: 1 machine stand, 2-Maschineneinheit, 3-hallenfeste Meßbasis, the double arrow a referred general not close certain measurement (Mef3basis-Mef3objekt-Relation).
EMI12.1

<tb>
Type <September> D. <September> Sensor <September> Sensor <September> identified <September> Zugeh6rig-keit <September> Symbol
<tb> <September> Type <September> D. <September> Sensor. <September> Point of symbol the object <September> too...
<tb>

Distance <September> Object point of point of basis <September> Oberiche <September> <September> Ball <September> around <September> Point of basis
<tb> (Space) <September> Angle <September> <September> Meßstrahls <September> around <September> 1/
<tb> (indicated) axis of rotation <September> Half plane <September> by <September> Point of basis
<tb> (area jWinkel <September> <September> Mei3strahls <September> around <September> 2 <September> Half-straight <September> by <September> Point of basis
<tb> (indicated) <September> Axes of rotation <September> (Schnittmenge <September> two <September> Half planes)/' <September> (X, <SEPTEMBER> Y)
<tb> Distance <September> Basisounkt object point <September> and <September> Semicircle <September> on <September> Half plane <September> in order/through <September> '
<tb> (Space) <September> Angle <September> <September> Mei3stranis <September> around <September> 1 <September> Basisounkt <September> (Schnittmenge <September> of <September> Ball <September> < <September> (X)
<tb> <September> Drenachse <September> and <September> Half plane)
<tb> Distance <September> Basispunkt Whether, <September> lektpunkt <September> and <September> Point-unique <September> (Schnittmenge <September> of <September> r
<tb> <September> (Space) <September> Angle <September> <September> Mei3strahls <September> around <September> 2 <September> Halbaerade <September> and <September> Ball <September> umldurc7/
<tb> <September> Axes of rotation <September> Point of basis)
<tb> <September> Orientation <September> <September> Mei3objektes <September> around <September> 1
<tb> <September> to <September> 3 <September> (indicated) <September> Axes of rotation
<tb> Tabelle 1
EMI12.2

<tb> <September> Circumstances <September> Symbol
<tb> <September> Point of basis <September> C
<tb> <September> Object point <September> k
<tb> X <SEPTEMBER> Measurement <September> general <September> bottom <September> Evaluation
<tb> <September> indicated <September> Degrees of freedom <September> (XI
<tb> Axis <September> one <September> on <September> <September> Meßbasis
<tb> fixed <September> Coordinate system <September> X
<tb> Axis <September> one <September> with <September> <September> Meßobjekt
<tb> moved coordinate system
<tb>
Table 2
EMI13.1

<tb> <September> Halle <September> Machine <September> Machine <September> Machines No. <September> Description <September> Remark
<tb> <September> StänderEinheit1Einheit2 (e.g. roof) <September>
<tb> <September> Measurement--Basis1Objekt1Prizipieilgenaueste1Direkte <September>
<tb> <September> zv, <September> viscnen <September> two <September> Vanante, <September> but
<tb> <September> daMaschineneinheitenproblematisch <September>
<tb> <September> usually <September> in <September> Work space
<tb> zweier-Basis1Objekt1Objekt22Vermessung <September>
<tb> <September> Machine units
<tb> <September> vomMaschinenstän
<tb> <September> <September> from <September> tuber <September> one
<tb> <September> Basis

<tb> <September> - Basis1+Objekt1Objekt1KurzeMe#strecken, measurement two <September>
<tb> <September> 2vonvonberücksichtigtaberMaschineneinheitenBasis <September>
<tb> <September> Basis1Basis2 (e.g. .thermische) vomMaschinenstän <September>
<tb> <September> <September> from <September> tuber <September> two <September> Verfomnung <September> aes
<tb> <September> Cousin machine stand
<tb> <September> cnne <September> additional
<tb> <September> Measurement not
<tb> <September> 4 <September> Measurement <September> two <September> Basis <September> 1 <September> Object
<September> 1 <September> Object <September> 2 <September> Usually <September> prolonged
<tb> <September> Mascnineneinheiten <September> MeBstrecken, <September> D. <September> h.
<tb> <September> of <September> <September> resound-fixed <September> fenleranfällig. <September> For
<tb> <September> Basis <September> from <September> Solid angle <September> Sens <September> ;-; <September> more
reneher
<tb> <September> improper.
<tb>

<September> Basis1+Objekt1Objekt1LangeMe#strecken.Vermessungzweier <September>
<tb> <September> Machine units <September> Basis2 <September> of <September> of <September> Considered one
<tb> <September> of <September> two <September> resound-fixed <September> Basis <September> 1 <September> Basis
<September> 2 <September> Displacements <September> that
<tb> <September> Bases <September> from <September> Nlel3basen
<tb> <September> gegeneinanderohne
<tb> <September> additional <September> Messunc
<tb> <September> nichet
<tb>
Table 3

Result Page

Notice: This translation is produced by an automated process; it is intended only to make the technical content of the original document sufficiently clear in the target language. This service is not a replacement for professional translation services. The esp@cenet® Terms and Conditions of use are also applicable to the use of the translation tool and the results derived therefrom.

Patentansprilche: 1. Method to the measurement of layer and/or orientation cooperative machine units at measuring machines, Handling devices or in particular tools, spindles and workpieces at machine tools, whereby at least one
Machine unit relative to another is more movable and positions of the machine units corrected becomes if necessary, thus characterized, dafl with each machine unit by means of sensor, those at least two the large distance,
Solid angles, orientation or one their change-large measure, simultaneous or essentially simultaneous, continuous or in as short regeimässigen a distances as possible, independent of that
Drive shaft of the machine units and without the sensors or the machine units into a particular ME to proceed (3position, the planar or spatial layer and/or orientation that
Machine units to each other or the machine units a common reference system or the machine units different reference systems measured becomes.

2. Process according to claim 1, characterised in that after
Measurement of the planar or spatial layer and/or orientation of the machine units to a common reference system anschliellend the layer and/or orientation that
Machine units to each other certain becomes.

3. Process according to claim 1 or 2, characterized, dafl after measurement of the planar or spatial layer, thus, and/or
Orientation of the machine units to different
Reference systems and after measurement or determination of the layer and/or orientation of the reference systems the layer and/or orientation of the machine units to each other to each other certain becomes.

▲ top

4. Process according to claim 1, characterised in that those
Sensors contactless measure.

5. Methods after at least one preceding claims, thereby characterized, dent at least one of the sensors that
Distance between a point of a Mellbasis and a point that
Machine unit mif3t.

6. Methods after at least one of the preceding claims, thereby characterized, dent at least one of the sensors that
Solid angle of the measuring beam between a point of the Meflbasis and a point of the machine unit around at least an axis of the reference system millet.

7. Method after at least one of the preceding claims, characterised in that at least one of the sensors those
Twist of the machine unit (orientation) around at least one of the axes of the reference system millet.

8. Methods after at least one of the preceding claims, thereby characterized, dafl measuring points at the machine unit or to the Meflbasis the distances of the points, several with use, among themselves known are or measured become.

9. Apparatus to the implementing the method according to claim 6, characterised in that the distance sensor a laser Interferometer is.

10. Apparatus to the implementing the method according to claim 7, characterized thus, dafl the orientation sensor
Ring laser or a gyro is.

11. Apparatus to the implementing the method after at least one of the preceding claims, characterised in that the sensors at the machine units themselves at at least a point of the machine frame of fixed coordinate system or at subject-matters in the environment as resound-fixed measuring basis arranged are.